

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Гомеля М.Д.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломний проект  
на здобуття ступеня бакалавра  
з напрямку підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього  
середовища та збалансоване природокористування»  
на тему: «Модернізація технологічно лінії підготовки питної води»**

Виконала:

студентка IV курсу, групи ЛЕ-51

Рогожин Євгеній Вікторович \_\_\_\_\_

Керівник:

К.т.н., старший викладач

Трус І.М. \_\_\_\_\_

Консультант з розділу «охорона праці»:

Доцент, к.т.н., доцент

Ковтун І.М. \_\_\_\_\_

Рецензент: \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проекті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.  
Студент (-ка) \_\_\_\_\_

Київ – 2019 року

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ДП ЛЕ5129. 00.019 ПЗ	Пояснювальна записка	55	
3	A1	ДП ЛЕ5129. 01.019 ТС	Технологічна схема	1	
4	A1	ДП ЛЕ5129. 02.019 ГП	Генеральний план	1	
5	A1	ДП ЛЕ5129. 03.019 ТС		1	
6	A1	ДП ЛЕ5129. 04.019 ТК		1	
7	A1	ДП ЛЕ5129. 05.019 ТК		1	
8	A1	ДП ЛЕ5129. 06.019 ТК		1	

				ДП ЛЕ51 29.000.00		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Розробн.	Рогожин Є.В.					55
Керівн.	Трус І.М.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ЕтаТРП Гр. ЛЕ-51	
Консульт.	Ковтун І.В.					
Н/контр.						
Зав.каф.	Гомеля М.Д					

**Пояснювальна записка  
до дипломного проекту  
на тему: «Модернізація технологічно лінії  
підготовки питної води»**

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Інженерно-хімічний факультет**  
**Кафедра екології та технології рослинних полімерів**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки (програма професійного спрямування) – 6.040106  
«Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Гомеля М.Д.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на дипломний проект студенту**  
**Рогожин Євгеній Вікторович**

1. Тема проекту «Модернізація технологічної лінії підготовки питної води», керівник проекту Трус І.М., к.т.н., старший викладач, затверджені наказом по університету від «22» 05 2019 р. №1323
2. Термін подання студентом проекту 10 червня 2019 року
3. Вихідні дані до проекту каламутність – 45 мг /дм<sup>3</sup>; кольоровість – до 51 град; жорсткість – 4,0– 5,2 мг-екв/дм<sup>3</sup>; концентрація іонів Ca<sup>2+</sup> – 4,5 – 5,3 мг-екв/дм<sup>3</sup>; концентрація іонів магнію – 0,8 – 1,2 мг-екв/дм<sup>3</sup>; концентрація сульфатів – 15 – 35 мг /дм<sup>3</sup>; рН – 6,9 – 7,9; лужність – 4 – 5,2 мг /дм<sup>3</sup>; витрата води - 30000 м<sup>3</sup>/добу.
4. Зміст пояснювальної записки: вступ; технологічна частина; характеристики вихідної та вимоги до очищеної води; розробка та обґрунтування технологічної схеми очищення води; теоретичні данні про хімічні і фізичні процеси, що реалізуються в даній технологічній схемі водоочищення; матеріальний баланс; технологічні та гідравлічні розрахунки очисних споруд; будівельна частина; охорона праці; висновки; перелік посилань; додатки.

5. Перелік графічного матеріалу: таблиць – 5; ілюстрацій – 11; доповнень – 4; креслень на А1 – 5(технологічна схема технологічної лінії підготовки питної води, таблиця характеристики води, план на відм. +0,000 м; поздовжній переріз; поперечний переріз; генеральний план підприємства.

#### 6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун І.М., доцент		

7. Дата видачі завдання 15 квітня 2019 р.

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Проходження переддипломної практики	15.04.2019-19.05.2019	
2	Обґрунтування технологічної схеми	20.05.2019-25.05.2019	
3	Розрахунок матеріального балансу	26.05.2019-31.05.2019	
4	Розрахунок та вибір споруд	01.06.2019-04.06.2019	
5	Розроблення графічної частини	05.06.2019-09.06.2019	

Студент

Рогожин Є.В.

Керівник проекту

Трус І.М.

## АНОТАЦІЯ

Дипломний проект на тему «Модернізація технологічної лінії підготовки питної води».

Дипломний проект складається з 55 сторінки, в тому числі: 7 таблиць, 8 рисунків та однієї блок-схеми.

Метою є модернізація технологічної схеми підготовки питної води для економічності і якості води, що надходить до споживача.

Було проведено вибір технологічної схеми, її модернізацію та обґрунтування; опис хіміко-фізичних процесів що відбуваються в обладнанні при підготовці питної води; проведено розрахунок матеріального балансу; обраховано кількість і розміри, а також обрано модель технологічного обладнання; проведено розміщення розрахованого обладнання в цеху.

ВОДОПІДГОТОВКА, ОЗОНУВАННЯ, КОАГУЛЯЦІЯ, ФІЛЬТРУВАННЯ, ВІДСТОЮВАННЯ, ПОЛІКРИЛАМІД.

					ДП ЛЕ 51.29. 00.019 ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Атестаційний бакалаврський проект на тему: «Модернізація технологічної лінії підготовки питної води»	Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.		Рогожин С.В.							
Перевір.		Трус І.М.					5	55	
Реценз.									
Н. Контр.									
Затверд.									
						НТУУ «КПІ», ЛЕ-51			

## АННОТАЦИЯ

Дипломный проект на тему «Модернизация технологической линии подготовки питьевой воды».

Дипломный проект состоит из 55 страницы, в том числе: 7 таблиц, 8 рисунков и одной блок-схемы.

Целью является модернизация технологической схемы подготовки питьевой воды для экономичности и качества воды, поступающей к потребителю.

Было проведено выбор технологической схемы, ее модернизацию и обоснование; описание химико-физических процессов происходящих в оборудовании при подготовке питьевой воды; проведен расчет материального баланса; рассчитан количество и размеры, а также выбрана модель технологического оборудования; проведено размещение рассчитанного оборудования в цехе.

ВОДОПОДГОТОВКА, КОАГУЛЯЦИЯ, ОЗОНИРОВАНИЕ, ФИЛЬТРОВАНИЕ, ОТСТАИВАНИЕ, ПОЛИКРИЛАМИД.

					<i>ДП ЛЕ 51.29. 00.019 ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Атестаційний бакалаврський проект на тему: «Модернізація технологічної лінії підготовки питної води»	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.	Рогожин Є.В.						6	61
Перевір.	Трус І.М.							
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.						НТУУ «КПІ», ЛЕ-21		

## ANNOTATION

Graduation project on the theme “Modernization of the technological line of preparation of drinking water”.

The graduation project consists of 55 pages, including: 7 tables, 8 figures, one block diagram.

The aim is to modernize the technological scheme of drinking water preparation for the efficiency and quality of water entering the consumer.

The technological scheme was selected, its modernization and substantiation; description of the chemical and physical processes occurring in the equipment for the preparation of drinking water; Calculation of the material balance; number and size are calculated, and the model of technological equipment is chosen; placement of the calculated equipment in the shop..

WATER PREPARATION, OZONE, COAGULATION, FILTERING, RENDERING, POLICRILAMID.

					ДП ЛЕ 51.29. 00.019 ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Рогожин Є.В			Атестаційний бакалаврський проект на тему: «Модернізація технологічної лінії підготовки питної води»	Літ.		Арк.	Акрушів
Перевір.		Трус І.М.						4	61
Реценз.						НТУУ «КПІ», ЛЕ-21			
Н. Контр.									
Затверд.									



## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	8
1.1. Характеристики вихідної води для очищення .....	8
1.2. Розробка та обґрунтування технологічної схеми .....	8
1.3. Розрахунок матеріального балансу .....	12
1.4. Технологічні дані про хімічні та фізичні процеси що відбуваються в даній технологічній схемі.....	22
2. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОЧИСНИХ СПОРУД	29
2.1. Розрахунок площі складу та об'єму басейну для зберігання реагентів .....	29
2.2. Розрахунок розчинних та витратних баків реагентів .....	30
2.3. Проектування вертикальних-вихрових змішувачів.....	33
2.4. Проектування вертикально-вихрових камер пластівцеутворення .....	35
2.5. Проектування горизонтальних відстійників .....	37
2.6. Розрахунок швидких фільтрів .....	39
2.7. Розрахунок резервуару очищеної води .....	42
2.8. Розрахунок шламосховища.....	43
3. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА .....	45
3.4 Об'ємно-планувальне вирішення будівлі .....	45
3.5 Вибір конструктивних елементів будівлі.....	45
4. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	49
4.1 Повітря робочої зони.....	49
4.2 Вимоги до освітлення робочих місць користувачів .....	50
4.3 Захист від виробничий шуму .....	51
4.4 Електробезпека .....	52
ВИСНОВКИ .....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	55

					Пояснювальна записка	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Сучасне місто використовує воду з розрахунку на одну людину 300-500 л/добу, що значною мірою перевищує мінімальну потребу у воді однієї людини (25 л/добу). Щорічна витрата води на земній кулі за всіма видами водопостачання складає 3300-3500 км<sup>3</sup>. Багато води споживають хімічна і целюлозно-паперова промисловість, чорна і кольорова металургія. Розвиток енергетики також призводить до різкого збільшення потреби у воді. Значна кількість води витрачається для потреб галузі тваринництва, а також на побутові потреби населення. Велика частина води після її використання для господарсько-побутових потреб повертається в річки у вигляді стічних вод.

Під забрудненням водних ресурсів розуміють будь-які зміни фізичних, хімічних і біологічних властивостей води у водоймищах у зв'язку із скиданням у них рідких, твердих і газоподібних речовин, які заподіюють або можуть створити незручності, роблячи воду даних водоймищ небезпечною для використання, завдаючи збитку народному господарству, здоров'ю і безпеці населення.

Основними джерелами забруднення природних вод є атмосферні води, які несуть значні кількості забруднювачів, що вимиваються з повітря і мають переважно промислове походження. При стіканні по схилах, атмосферні та талі води додатково захоплюють з собою значну кількість речовин. Особливо небезпечні стоки з міських вулиць та промислових майданчиків, які несуть значну кількість нафтопродуктів, сміття фенолів, різних кислот.

Забруднення природних вод може призвести до того, що вони стають непридатними для пиття, купання, а інколи і для технічних потреб. Як правило, забруднена вода непридатна і для використання у промисловості, оскільки порушує нормальний хід технологічного процесу, знижує якість вироблюваної продукції.

До найпоширеніших прийомів очищення природної води належать: прояснення; знебарвлення (усунення мутності та кольоровості води) шляхом 7 відстоювання (у відстійниках); фільтрування (у швидких фільтрах), знезаражування (хлорування, озонування), пом'якшення, опріснення.

					Пояснювальна записка	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сукупність методів очищення природної води для промислової мети називається водопідготовкою. Для водоочищення застосовують реагентні та дезинфекційні установки, змішувачі, відстійники, прояснювачі, контактні резервуари та ін. Споруди та пристрої для здійснення усіх прийомів очищення природної води входять до складу комплексу водопостачання.

Крім того, поверхневі води не відповідають вимогам за бактеріологічними показниками, тому завжди є стадія знезараження.

Метою даної роботи є розробка і модернізація проекту лінії підготовки питної води, де реалізується маловідходна, високоефективна технологія водопідготовки з обґрунтуванням вибору та використання обладнання, також проектування цеху для розміщення споруд.

					Пояснювальна записка	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 1.1. Характеристики вихідної води для очищення

№	Назва показника	Характеристика природно	Вимоги до питної води за ДСанПіН 2.2.4-171
1	Концентрація змулених речовин, $мг/дм^3$	30 - 45	< 1
2	Кольоровість, градуси	40-51	< 20
3	Сульфати	15 - 35	< 250
4	Жорсткість загальна, $мг — екв/дм^3$	5,3 – 6,5	< 7
5	Лужність, $мг — екв/дм^3$	4 - 5,2	0,5 – 6,5
6	Окислюваність, $мг/дм^3$	8,8	< 0,5
7	Колі-індекс	27	< 3
8	Вміст заліза, $мг/дм^3$	0,12	< 0,3
9	pH	6,9 - 7,9	6,5-8,5
10	Mg	0,8 – 1,2	-
11	Ca	4,5 – 5,3	-

### 1.2. Розробка та обґрунтування технологічної схеми

Найкращим є варіант очищення води, в якому різні методи очищення об'єднанні в один технологічний процес. В такому разі очікується найвищий ефект очищення води з досягненням якості води що, відповідає вимогам.

Проаналізувавши характеристику природної води доцільним є вибір технологічної схеми водопідготовки води господарського призначення з переважаючою механічною очисткою ( відстоювання та фільтрування) але з додаванням певних фізико – хімічних методів очистки води ( коагулянти та вапно) та знезараження ( озонування). Тому схема яка представлена на рис.1.1 є найбільш економічно – доцільною та ефективною для підготовки води господарсько – питного призначення з вихідними характеристиками.

					Пояснювальна записка	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

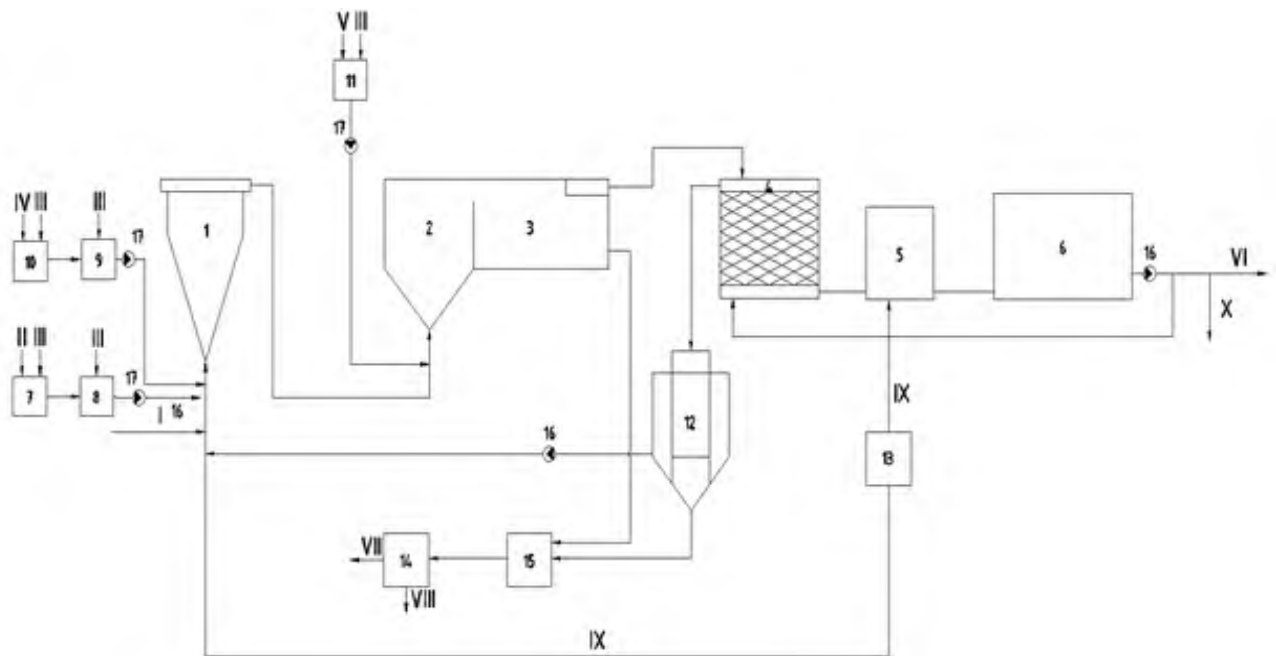


Рис. 1.1 – Технологічна схема водопідготовки питної води

1 - вертикально – вихровий змішувач; 2 - камера пластівцеутворення;  
 3 - горизонтальний відстійник; 4 – фільтр з зернистою загрузкою; 5 – контактний резервуар; 6 – резервуар освітленої води; 7 – розчинний бак вапна; 8 – витратний бак вапна; 9 – розчинний бак коагулянту; 10 – витратний бак коагулянту;  
 11 – витратний бак флокулянту; 12 – відстійник-усереднювач; 13 – озонаторна установка; 14 – фільтр-прес; 15 – шламосховище; 16 – насос; 17 – насос-дозатор

У процесі підготовки питної води, якщо її забір здійснюють із поверхневих водойм, воду очищують за традиційною технологією, яка включає процеси прояснення і знебарвлення у відстійниках, у прояснювачах із шаром завислого осаду, швидкими фільтрами та контактними прояснювачами. Завершується підготовка води знезараженням із використанням озонування.

Для досягнення необхідного ефекту освітлення води у відстійниках, освітлювачах і на фільтрувальних апаратах домішки води необхідно піддати коагулюванню, тобто дії солей багатовалентних металів. Паралельно при цьому відбувається значне знебарвлення води.

Повнота та швидкість освітлення води залежить як від властивостей коагулянту, так і від забруднюючих речовин, які знаходяться в воді. При розчиненні у воді солей коагулянтів утворюються колоїдні розчини гідроксидів

					Пояснювальна записка	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідних металів. Найбільш поширеним коагулянт є сульфату алюмінію  $Al_2(SO_4)_3$ . Цей коагулянт ефективний при дестабілізації природних дисперсій з невисоким вмістом глинистих мінералів і колоїдно-розчинених гумусових речовин в інтервалі значень рН 5,0-7,5. Однак істотним недоліком сульфату алюмінію є зниження ефективності його дії при зниженій температурі води, яка очищується.

В технологічній схемі застосовують вертикально – вихрову камеру пластівцеутворення. Тут відбувається завершення всіх хімічних процесів та завершення формування пластівців осаду. Так як камера суміщена з відстійником, тому число камер дорівнює числу відстійників.

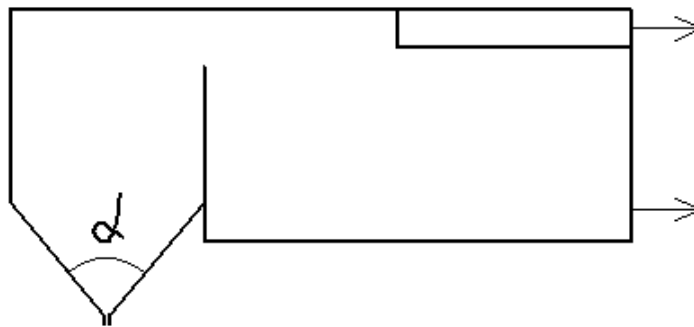


Рис.1.2 – Вертикальна камера пластівцеутворення, суміщена з горизонтальним відстійником

Після вертикально – вихрової камери пластівцеутворення в технологічній схемі споруджують горизонтальний відстійник та швидкі фільтри.

Неоднорідні рідкі системи з більш менш грубою роздробленістю дисперсної фази піддаються розділенню під дією однієї тільки сили тяжіння. Якщо густина дисперсної фази більша за густину дисперсійного середовища, завислі речовини осідають на дно ємкості, і, навпаки, якщо густина дисперсійного середовища більша за густину завислих речовин, останні спливають уверх.

Осадження під дією сили тяжіння твердих частинок, що знаходяться у завислому стані в рідкому середовищі, називають відстоюванням.

У відстійнику вода очищується від завислих речовин. Горизонтальні відстійники менш чутливі в порівнянні з іншими типами відстійників до гідравлічних перевантажень і змін температури освітлюючої рідини та мала

					Пояснювальна записка	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

глибина, хороший ефект очищення, можливість використання одного пристрою для декількох відділень.

Фільтрування – це процес розділення суспензій з використанням пористих перегородок, які затримують тверду фазу суспензії і пропускають її рідку фазу.

Розділення суспензії, яка складається з рідини та завислих в ній твердих частинок, виконують за допомоги фільтру, який у простішому вигляді являється ємкістю, розділеним на дві частини фільтруючою перегородкою.

Для фільтрування використовують різні за конструкцією фільтри. Основні вимоги до них: висока ефективність видалення домішок і максимальна швидкість фільтрування.

Швидкі фільтри. Дані фільтри працюють за швидкості фільтрування 5-10м/год. В них реалізовується другий тип фільтрування, забруднення затримується в товщинні шару фільтруючого матеріалу. Станція водопідготовки працює в безперервному режимі з послідовним відключенням фільтрів на промивку ( тривалість фільтроциклу складає 8 годин, число промивок на добу 2).

Знезараження води застосовують для знищення хвороботворних бактерій і вірусів, які містяться у воді. Для цього найчастіше застосовують хлорування води, але можливі й інші способи - озонування, бактерицидне опромінення та ін.

Ступінь і способи поліпшення якості води та склад водоочисних споруд залежать від властивостей природної води і від вимог, які вимагаються споживачем до якості води.

Для природної води з характеристиками приведеними в таблиці 1.1 цілком придатною є технологічна схема представлена на рисунку 1.1, вона забезпечує зниження каламутності до 0,5 мг/дм<sup>3</sup> та кольоровості до 20 градусів платино-кобальтової шкали.

В нашому випадку кращим варіантом є застосування озону, який забезпечує не лише ефект знезараження але й окиснення заліза та зниження окислюваності від 8,8 мг/дм<sup>3</sup> до менше 2 мг/дм<sup>3</sup>.

Технологічна процедура очищення води здійснюється наступним чином: вода, яка очищується під тиском насосів першого підйому подається(І) на проціджувач решітку чи сітки для вилучення крупних зависей. На першій стадії

					Пояснювальна записка	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вода надходить у змішувач (1) в якій додають коагулянт (9,10) та вапно(7,8) для перемішування даних реагентів з водою, яку потрібно очистити.

Також у змішувач подають озон з озонаторної установки(13) для знезараження води. Після змішування з реагентами вода надходить до камери пластівцеутворення(2), вмонтованої у відстійнику(3), що сприяє ефективному утворенню пластівців осаду, за рахунок контакту коагулянту та домішок та запобігає його руйнуванню. Утворені великі агрегати пластівців випадають в осад у горизонтальних відстійниках та подаються в шламосховище(15) ( осад про вологості 50% відправляється на фільтр-прес(14), де ущільнюється та транспортується на утилізацію). Відстійник вибирають в залежності від продуктивності станції. За великої продуктивності застосовують горизонтальні відстійники. Потім вода надходить на швидкий фільтр(4), профільтровану воду знезаражують у контактному резервуарі(5) і направляють у резервуар чистої води(6), звідки насосами(16) другого підйому вона подається в мережу водоспоживача. Знезараження здійснюється за допомогою озону. З озонаторної установки(13) подається озон в контактний резервуар (5) та в вертикально – вихровий змішувач(1), де і відбувається знезараження води.

Деяка частина очищеної води подається на промивку фільтрів. Тоді промивні води з них подаються на відстійник-усереднювач з якого вже відстояна вода подається на початок технологічної схеми.

### 1.3. Розрахунок матеріального балансу

Вихідні дані до розрахунку матеріального балансу наведені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 – Вихідні дані матеріального балансу

Назва показника	Одиниці вимірювання	Числове значення
Концентрація $Al(SO_4)_3$ в розчинному баку	%	20
Густина $Al_2(SO_4)_3$	т/м <sup>3</sup>	1,62
Вміст основного компонента в $Al_2(SO_4)_3$	%	50
Концентрація $Al_2(SO_4)_3$ у витратному баку	%	5

					Пояснювальна записка	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Час перебування $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ у змішувачі	хв	2
Концентрація вапна у розчинному баку	%	15
Вміст безводного компонента у вапні	%	40
Термін зберігання вапна	доба	30
Густина 15% $\text{CaO}$	т/м <sup>3</sup>	1,09
Концентрація вапна у витратному баку	%	5
Час перебування вапна у змішувачі	хв	2
Доза флокулянту (поліакриламід)	мг/дм <sup>3</sup>	0,5
Концентрація флокулянту у витратному баку	%	0,5
Концентрація завислих речовин на виході з відстійника	мг/дм <sup>3</sup>	10
Концентрація твердої фази в осаді	г/дм <sup>3</sup>	15 000
Висота фільтрувального завантаження	м	1,5
Число фільтроциклів на добу		2
Час промивання фільтру	год	0,1
Час простою фільтру через промивання	год	0,33
Інтенсивність промивання фільтру	л/с*м <sup>2</sup>	16
Швидкість фільтрування у форсованому режимі	м/год	8
Час контакту води з озоном	год	0,5
Доза озону, що подається в резервуар чистої води	мг/дм <sup>3</sup>	2,5
Концентрація озону в озоноповітряній суміші	%	11
Доза озону, що подається на початок схеми	мг/дм <sup>3</sup>	2,5

					Пояснювальна записка	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Час перебування води в резервуарі чистої води	год	1
Концентрація твердої фази осаду в шламосховищі	г/м <sup>3</sup>	40 000
Вологість зневодненого шламу	%	50
Швидкість фільтрування	м/год	6

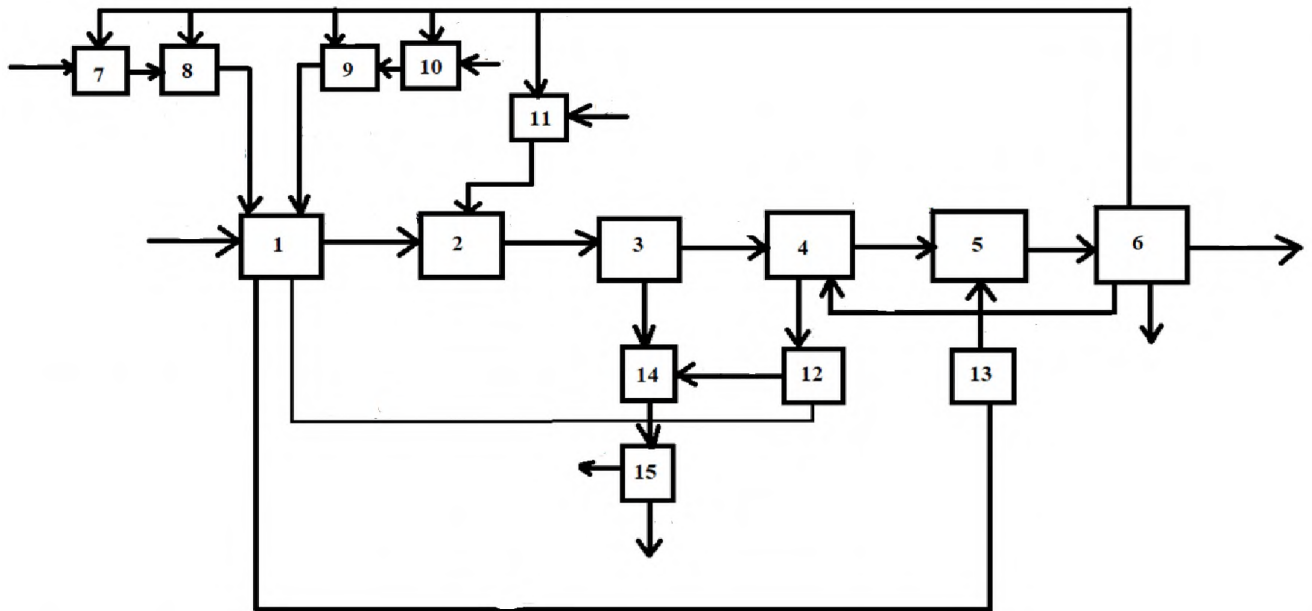


Рис. 1.2 Блок-схема матеріального балансу

Повна продуктивність станції водопідготовки з урахуванням витрат води на власні потреби:

$$Q_n = a \cdot Q_{\text{кор}} \quad (1.1)$$

$a$  - 1,04 за повторного використання промивних вод від фільтрів

$Q$  – продуктивність станції за добу

$$Q_n = 1,04 \cdot 30000 = 31200 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Дозу коагулянту розраховують за формулою:

$$D_k = 4\sqrt{K} \quad (1.2)$$

$K$  – колорівість води;

$$D_k = 4\sqrt{51} = 28,56 \text{ мг/дм}^3$$

За мокрого зберігання коагулянту його добова витрата:

					Пояснювальна записка	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_k = \frac{Q \cdot D_k}{10000 \cdot P} \quad (1.3)$$

Q - повна продуктивність станції водопідготовки;

$D_k$  - доза коагулянту;

P - вміст основного компонента в  $Al_2(SO_4)_3$ ;

$$Q_k = \frac{31200 \cdot 28,56}{10000 \cdot 50} = 1,78 \text{ т/добу}$$

Чистий коагулянт становить:

$$Q_k \cdot 0,5 \quad (1.4)$$

$Q_k$  – добова витрата коагулянту;

$$1,78 \cdot 0,5 = 0,89 \text{ т/добу}$$

Для отримання 20%-го розчину коагулянту у розчинних баках потрібна кількість води:

$$Q_{\text{води}}^I = \frac{0,89 \cdot 80}{20} - 0,89 = 2,67 \text{ т/добу} \quad (1.6)$$

У витратних баках розчин коагулянту доводиться до концентрації 5%. У ці баки потрібно додати таку кількість води:

$$Q_{\text{води}}^{II} = \frac{0,89 \cdot 95}{5} - (0,89 + 2,67) = 13,35 \text{ т/добу} \quad (1.7)$$

Усього з витратних баків подається розчин коагулянту, що становить:

$$0,89 + 0,89 + 0,267 + 13,35 = 15,4 \text{ т/добу} \quad (1.8)$$

Дозу вапна для підвищення основності води обчислюємо за формулою:

$$D_v = 28 \left( \frac{D_k}{e} - L + 1 \right) \quad (1.9)$$

$D_k$  - доза коагулянту;

e - маса еквіваленту коагулянта;

L – карбонатна жорсткість води;

$$D_v = 28 \left( \frac{28,56}{57} - 0,8 + 1 \right) = 19,63 \text{ мг/дм}^3$$

Подача вапна на станції передбачається у вигляді вапняного тіста, вміст безводного компонента в якому 40 %.

$$Q_v = \frac{D_v \cdot Q}{10000 \cdot P} \quad (1.10)$$

$D_v$  - доза вапна;

					Пояснювальна записка	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Q - повна продуктивність станції водопідготовки;

P - вміст безводного компоненту у вапні;

$$Q_B = \frac{31200 \cdot 19,63}{10000 \cdot 40} = 1,53 \text{ т/добу}$$

Витрата чистого гідроксиду кальцію становить:

$$1,53 \cdot 0,4 = 0,61 \text{ т/добу (1.11)}$$

Вміст води у вапні:

$$1,53 - 0,61 = 0,91 \text{ т/добу (1.12)}$$

Для отримання 15 %-го розчину вапна у розчинному баку необхідно додати води:

$$Q_{\text{води}}^{\text{III}} = \frac{0,61 \cdot 85}{15} - 0,91 = 2,54 \text{ т/добу (1.13)}$$

У витратних баках концентрація вапна доводиться до 5%. Для отримання розчину потрібно води:

$$Q_{\text{води}}^{\text{IV}} = \frac{0,61 \cdot 95}{5} - (2,54 - 0,91) = 9,96 \text{ т/добу (1.14)}$$

Усього з витратних баків подається розчин вапна, що становить :

$$0,61 + 0,91 + 2,54 + 9,96 = 14 \text{ т/добу (1.15)}$$

Доза флокулянту становить:  $D_{\text{ф}} = 0,5 \text{ мг/дм}^3$

Добова витрата флокулянту:

$$Q_{\text{ф}} = \frac{D_{\text{ф}} \cdot Q}{10000 \cdot P} \quad (1.16)$$

$D_{\text{в}}$  - доза флокулянту;

Q - повна продуктивність станції водопідготовки;

P - вміст основного компоненту в полікриламіді;

$$Q_{\text{ф}} = \frac{31200 \cdot 0,5}{10000 \cdot 100} = 0,0156 \text{ т/добу (1.17)}$$

Необхідна кількість води для розведення флокулянту у витратному баку:

$$Q_{\text{води}}^{\text{V}} = \frac{0,0156 \cdot 95,5}{0,5} = 2,98 \text{ т/добу (1.18)}$$

Концентрація змулених речовин, що надходить у відстійник:

$$C = M + K_1 \cdot D_{\text{к}} + 0,25 \cdot K + C_{\text{н}} \quad (1.19)$$

$K_1 = 0,5$  – коефіцієнт для очищеного  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ;

$D_{\text{к}}$  – доза коагулянту;

					Пояснювальна записка	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

М – концентрація змулених речовин;

К – кольоровість води;

С<sub>н</sub> - вміст нерозчинних речовин, що вносяться з вапном

$$C = 45 + 0,5 \cdot 28,56 + 0,25 \cdot 51 + 29,63 = 101,66 \text{ г/м}^3$$

Вміст нерозчинних речовин, що вносяться з вапном:

$$C_n = \frac{D_v}{K_2} - D_v \quad (1.20)$$

Д<sub>в</sub> – доза вапна;

К<sub>2</sub> – 0,4

$$C_n = \frac{19,63}{0,4} - 19,63 = 29,445 \text{ мг/дм}^3$$

Розрахунок об'єму осаду:

$$W = \frac{Q \cdot (C - m)}{\delta} \quad (1.21)$$

Q - повна продуктивність станції водопідготовки;

С - концентрація змулених речовин, що надходить у відстійник;

m - концентрація завислих речовин на виході з відстійника, 10 мг/дм<sup>3</sup>;

δ - концентрація твердої фази в осаді

$$W = \frac{31200 \cdot (101,66 - 10)}{15000} = 190,65 \text{ м}^3$$

Розрахунок маси сухого осаду:

$$M_{\text{сух.ос}} = \frac{Q \cdot (C - m)}{10^6} \quad (1.22)$$

Q - повна продуктивність станції водопідготовки;

С - концентрація змулених речовин, що надходить у відстійник;

m - концентрація завислих речовин на виході з відстійника, 10 мг/дм<sup>3</sup>;

$$M_{\text{сух.ос}} = \frac{31200 \cdot (101,66 - 10)}{10^6} = 2,86 \text{ т/добу}$$

Розрахунок води, що міститься в осаді після його зневоднення до 50%:

$$M_{\text{води}} - 50\% - X \text{ т}$$

$$M_{\text{сух.ос}} - 50\% - 2,86 \text{ т}$$

$$M_{\text{води}} = 2,86 \text{ т}$$

Розрахунок маси осаду після зневоднення:

					Пояснювальна записка	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{\text{осаду}} = M_{\text{сух.ос}} + M_{\text{води}} \quad (1.23)$$

$M_{\text{сух.ос}}$  - маса сухого осаду;

$M_{\text{води}}$  – маса води;

$$M_{\text{осаду}} = 2,86 + 2,86 = 5,72 \text{ т}$$

Розрахунок об'єму води, що повертається до резервуару забрудненої води:

$$V_{\text{води}} = W - M_{\text{води}} \quad (1.24)$$

$W$  – об'єм осаду;

$M_{\text{води}}$  – маса води;

$$V_{\text{води}} = 190,65 - 2,86 = 187,8 \text{ м}^3$$

Розрахунок швидких фільтрів:

$$F = \frac{Q}{T \cdot V_n - 3,6 \cdot \omega \cdot n \cdot t_1 - t_2 \cdot V_n \cdot n} \quad (1.25)$$

$T$  – час роботи станції,  $T = 24$  год/добу;  $V_n$  – швидкість фільтрування,  $V_n = 6$  м/год;  $n$  – число промивок,  $n = 2$ ;  $t_1$  – час промивки фільтру,  $t_1 = 0,1$  год;  $\omega$  – інтенсивність промивання,  $t_2$  – час простою фільтра у зв'язку з промивкою,  $t_2 = 0,33$  год,  $Q$  - повна продуктивність станції водопідготовки.

$$F = \frac{31200}{24 \cdot 6 - 3,6 \cdot 16 \cdot 2 \cdot 0,1 - 0,33 \cdot 6 \cdot 2} = 242,8 \text{ м}^2$$

Розрахунок витрати води на промивку фільтрів:

$$q_{\text{пром}} = F \cdot \omega \cdot n \cdot t_1 \cdot 3,6 \quad (1.26)$$

$n$  – число промивок,  $n = 2$ ;  $t_1$  – час промивки фільтру,  $t_1 = 0,1$  год;  $\omega$  – інтенсивність промивання,  $F$  – площа швидких фільтрів.

$$q_{\text{пром}} = 242,8 + 16 \cdot 2 \cdot 0,1 \cdot 3,6 = 254,3 \text{ м}^3$$

Розрахунок об'єму осаду після фільтрів:

$$W = \frac{q_{\text{пром}} \cdot (C - n)}{\delta} \quad (1.27)$$

$q_{\text{пром}}$  – витрата води на промивку фільтрів;

$C$  - концентрація змулених речовин, що надходить у відстійник;

$n$  - концентрація завислих речовин на виході з відстійника,  $10 \text{ мг/дм}^3$ ;

$\delta$  - концентрація твердої фази в осаді;

$$W = \frac{254,3 \cdot (101,66 - 10)}{15000} = 1,55 \text{ м}^3$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок витрати озону, що подається на початок технологічної схеми:

$$Q = Q_n \cdot D_{oz} \quad (1.28)$$

$Q_n$  – повна продуктивність станції;

$D_{oz}$  – доза озону;

$$Q = 31200 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} = 78 \text{ кг/добу}$$

78 кг – 11%

X кг – 100%

Маса озонופовітряної суміші :

$$X = \frac{78 \cdot 100}{11} = 709 \text{ кг} \quad (1.29)$$

Об'єм озонופовітряної суміші, що подається на початок процесу:

$$W = \frac{X}{p} \quad (1.30)$$

X - маса озонופовітряної суміші;

p – густина повітря;

$$W = \frac{X}{p} = \frac{709}{1,29} = 549,6 \text{ м}^3$$

Розрахунок витрати озону, що подається в резервуар чистої води:

$$Q = Q_{4-5} \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 6,29 \text{ кг/добу} \quad (1.31)$$

6,29 кг – 11%

X кг – 100%

Маса озонופовітряної суміші :

$$X = \frac{6,29 \cdot 100}{11} = 57,2 \text{ кг} \quad (1.32)$$

$$W = \frac{X}{p} = \frac{57,2}{1,29} = 44,34 \text{ м}^3 \quad (1.33)$$

$$Q_{1-2} = Q + Q_k + Q_v + q_{\text{пром}} \quad (1.34)$$

Q - повна продуктивність станції водопідготовки;

$Q_k$  - повна подача коагулянту з витратних баків;

$Q_v$  – повна подача вапна з витратних баків;

$q_{\text{пром}}$  - витрата води на промивку фільтрів;

$$Q_{1-2} = 31200 + 15,4 + 14 + 254,3 = 31483,7 \text{ м}^3$$

$$Q_{2-3} = Q_{1-2} + Q_{\phi} \quad (1.35)$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$Q_{\phi}$  – подача розчину флокулянту у камеру пластівцеутворення;

$$Q_{2-3} = 31483,7 + 3 = 31486,7 \text{ м}^3$$

$$Q_{3-4} = Q_{2-3} - W_{\text{осаду}} \quad (1.36)$$

$W_{\text{осаду}}$  - об'єм осаду

$$Q_{3-4} = 31486,7 - 190,65 = 31296,05 \text{ м}^3 \quad (1.37)$$

$$Q_{4-5} = Q_{5-6} = Q_{3-4} = 31296,05 \text{ м}^3 \quad (1.38)$$

Таблиця 1.3 - Таблиця матеріального балансу

Назва потоку	Значення потоку	
	м³/добу	т
Подача коагулянту (50%) у розчинний бак		1,78
Подача води у розчинний бак для розведення коагулянту до 20% розчину	2,67	
Подача вапна (40%) у розчинний бак		1,53
Подача води у розчинний бак для розведення вапна до 15%	2,54	
Подача води у витратний бак для розведення коагулянту до 5% розчину	13,35	
Подача води у витратний бак для розведення вапна до 5 %	9,96	
Подача розчину коагулянту у вихровий змішувач	15,4	
Подача розчину вапна у вихровий змішувач	14	



Подача води на вихровий змішувач	31200	
Подача суміші у камеру пластівцеутворення	31483,7	
Подача флокулянту у витратний бак		0,0156
Подача води у витратний бак для розведення флокулянта до 0,5% розчину	2,98	
Подача розчину флокулянта у камеру пластівцеутворення	2,995	
Подача суміші у відстійник	31486,7	
Подача суміші на шламосховище	192,2	
Подача суміші на фільтр-прес	192,2	
Відведення зневодненого осаду на утилізацію		15
Відведення фільтрату в каналізацію	177,2	
Подача освітленої води на фільтр	31296,05	

					Пояснювальна записка	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Подача промивних вод у відстійник-усереднювач	2797,1	
Подача освітленої води у вихровий змішувач	2791,09	
Відведення осаду на утилізацію	6,1	
Подача води у контактний резервуар	31296,05	
Подача води у резервуар чистої води	31296,05	
Подача очищеної води на промивання фільтрів	2797,1	
Подача очищеної води до споживача	300000	
Подача озоноповітряної суміші на початок технологічного процесу	44,34	
Подача озоноповітряної суміші до контактного резервуару		

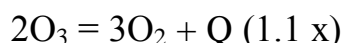
#### **1.4. Технологічні дані про хімічні та фізичні процеси що відбуваються в даній технологічній схемі**

Озон - O<sub>3</sub>, алотропна форма кисню, що є потужним окислювачем хімічних і інших забруднюючих речовин, які руйнуються при контакті. На відміну від молекули кисню, молекула озону складається з трьох атомів і має довші зв'язки між атомами кисню. За своєю реакційної здатності озон займає друге місце,

					Пояснювальна записка	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поступаючись лише фтору. Озон може існувати у всіх трьох агрегатних станах. При нормальних умовах озон - газ голубуватого кольору.

У штучних умовах озон отримують різними методами, але завжди розчиненим у повітрі або кисні. У виробничих процесах отримання озону для очищення води озonoповітряну суміш отримують за допомогою "тихого" електричного розряду в озонаторах. Реакція отримання озону характерна отриманням з кисню повітря при його збудженні не тільки озону, але й атомарного кисню:



де Q - тепловий ефект реакції, кДж.

Як зазначалося вище, озон має високий окислювально-відновний потенціал, що є головною причиною його активності по відношенню до різного роду забруднень води, включаючи мікроорганізми. При диспергуванні озону в воду здійснюють два основних процеси - окислення і дезінфекція. Крім того, відбувається значне збагачення води розчиненим киснем. Окислювальна дія озону може проявлятися в наступних формах: пряме окислення, окислення радикалами (непряме окислення), озоноліз, каталіз. Прямі реакції окислення озоном розчинених речовин описують у вигляді:



Прикладом таких реакцій може служити окислення ряду органічних і мінеральних речовин ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ), які після озонування осаджуються у формі нерозчинних гідроксидів або переводяться в діоксиди і перманганати, що видаляються наступним очищенням на фільтрах.

Непряме окислювання здійснюється великим числом активних радикалів, що утворюються в результаті переходу озону з газової фази в рідину і його саморозкладу. Інтенсивність непрямого окислення прямо пропорційна кількості розклалися озону і обернено пропорційна концентрації присутніх у воді забруднювачів. Деякі речовини піддаються лише прямому окисленню, інші

					Пояснювальна записка	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(наприклад, органічні кислоти з малою молекулярною вагою) - окисленню радикалами. Нерідко спостерігаються процеси окислення якої-небудь речовини спільним або послідовним впливом прямого окислення і окислення радикалами. Озоноліз являє собою процес фіксації озону на подвійний або потрійний вуглецевий зв'язок з подальшим її розривом і утворенням озонідів, які, так само як озон, є нестійкими сполуками і швидко розкладаються.

Каталітичний вплив озонування полягає в посиленні їм окислювальної здатності кисню, який присутній в озонованому повітрі.

Перераховуючи можливі форми окислюючого впливу озону, не можна не відзначити того факту, що в порівнянні з іншими окислювачами озон швидше вступає в реакції і в меншій дозі.

Як відомо, вода транспортуючим середовищем для мікроорганізмів: сапрофітних і патогенних бактерій, різних вірусів, водоростей, грибів і т.д. Озон є сильним бактерицидним і віруліцидним агентом, але на сьогоднішній день механізми інактивації окремих груп мікроорганізмів ще точно не визначені. Згідно з останніми уявленнями про бактерицидний вплив озону, дезінфектант робить безпосередній вплив на цитоплазму і ядерну структуру клітини бактерії, викликаючи припинення активності складних органічних речовин білкової природи - ензимів. Віруси знищуються при повному окисленні їх матерії, що складається з білка і однією з нуклеїнових кислот. Інактивація бактерій і вірусів розглядається не тільки як наслідок прямого впливу озону, але і як вплив ряду інших окислювачів, що утворюються при дифузії дезінфектанту в воду, зокрема вільних радикалів.

На відміну від хлору, який пасивний по відношенню до деяких типів бактерій, озону відводиться роль універсального окислювача, що здійснює майже миттєву інактивацію. Однак деякі бактерії і віруси чинять сильний опір озону. У колі дослідників немає єдиної думки про те, чому ті чи інші типи груп мікроорганізмів дуже швидко знищуються озоном, а наприклад, спороносні форми бактерій роблять значний опір.

Сукупність усіх форм окислюючої і дезінфікуючої дії озону дозволяє широко використовувати його в техніці водопідготовки на різних стадіях обробки

					Пояснювальна записка	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

води. Так, якщо переслідується мета дезінфекції, озон вводиться на завершальному етапі очищення (постозонування). Що стосується реакцій окислення, то вони проявляються при дифузії озону як на початку технологічної схеми очищення, так і на будь-якому її етапі в залежності від того, який інгредієнт забруднень слід видалити. Важко провести чітку грань місця і часу проходження кожної з реакцій, так як переважання тієї чи іншої форми окисного впливу знаходиться в залежності від якості води, що очищається і місця введення озону в технологічну схему обробки. Прямі реакції окислення характерні для видалення металів (Fe, Mn), нерідко входять у складні орґано-мінеральні комплекси. При спільній дії озонолізу і окислення радикалами можуть бути видалені колоїдні речовини, токсичні мікрозабруднення, розчинені орґанічні речовини природного та штучного походження, які надають воді кольоровість, запах і присмак. Насичення води киснем в ході озонування сприяє підвищенню ступеня окислення речовин, а також найбільш повному видаленню розчинених орґанічних забруднень біологічним шляхом, якщо озонування здійснюється перед фільтрацією, і т.д.

Розчинність озону у воді залежить від температури, активної реакції середовища і її сольового складу. При зниженні температури і підвищення рН розчинність озону зростає, основні солі знижують його розчинність, а нейтральні підвищують. Розчинність озону у воді може бути виражена або у вигляді так званого коефіцієнта Бунзена -  $v$ , що показує відношення обсягу розчиненого озону, приведенного до нормальних умов, до об'єму води ( $V_{O_3}/V_v$ ), або в абсолютних значеннях розчиненого озону ( $г/дм^3$ ). При цьому вважається, що процес розчинення підкоряється закону Генрі, згідно з яким кількість розчиненого озону пропорційно тиску газоподібного озону над розчином.

Флокуляція й коагуляція – фізико-хімічні методи очищення води, що викликають взаємодію хімічних елементів з колоїдними та дрібнодисперсними домішками. Це дозволяє очистити воду за допомогою вступу їх у відповідну реакцію. Після подібного очищення, у воді з'являються певні «пластівці», які без перешкод можна механічно видалити або відфільтрувати.

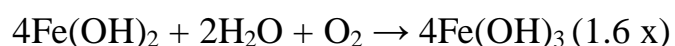
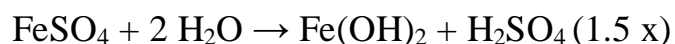
					Пояснювальна записка	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Метою коагулювання є звільнення води від домішок, що надають їй мутність і забарвлення, фізико-хімічні властивості яких не дозволяють видаляти домішки методом безреагентного відстоювання або фільтрування.

Методом коагулювання з води видаляються грубодисперсні і колоїдні домішки. У грубодисперсному (завислому) стані знаходяться глинисті, кварцові, вапнякові і гіпсові частки, речовини тваринного і рослинного походження; в колоїдному - частки глин, з'єднання кремнію і заліза, сірка, продукти життєдіяльності і розпаду мікроорганізмів, гумусові речовини.

Дисперговані, колоїдні і завислі частки домішок природних вод в більшості випадків мають однакові заряди, що зумовлює виникнення міжмолекулярних сил відштовхування і агрегативну стійкість. Оскільки в технології очистки води передбачається часткове або повне видалення домішок, агрегативну стійкість часток прагнуть порушити, а заряд їх усунути або знизити до дуже малих значень. Цього досягають додаванням у воду сульфатів алюмінію, заліза(II) і заліза (III), хлориду алюмінію, хлориду заліза (III), алюмінату натрію, та інших речовин, які будучи коагулянтами, або порушують агрегативну стійкість системи, або утворюють внаслідок гідролізу колоїди, що сорбують домішки з води.

Коагулянти у більшості випадків представляють собою солі слабких основ і сильних кислот. В якості коагулянтів використовують сульфати і хлориди Al (III) та Fe (II), Fe (III) ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{FeCl}_3$  та інші). При розчиненні у воді вони гідролізуються, тобто взаємодіють з гідроксид - іонами, які присутні у воді в результаті електролітичної дисоціації.



Коагулянти у воді утворюють пластівці гідроксидів металів, які швидко осідають під дією сили тяжіння. Пластівці володіють здатністю вловлювати

					Пояснювальна записка	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

колоїдні і зважені частинки й агрегувати їх. Так як колоїдні частинки мають слабкий негативний заряд, а пластівці коагулянтів - слабкий позитивний заряд, то між ними виникає взаємне тяжіння.

Флокуляція здійснюється для прискорення уловлювання емульгованих частинок і оперативності осадження скупчень.

Навідміну від коагуляції, при флокуляції агрегація проходить не тільки при безпосередньому контакті частинок, але і внаслідок взаємодії молекул адсорбованого на поверхні частинок флокулянту. Флокуляцію проводять для інтенсифікації процесу утворення пластівців гідрооксидів алюмінію і феруму з метою підвищення швидкості їх осадження. Використання флокулянтів дозволяє знизити дози коагулянтів, зменшити тривалість коагулювання і підвищити швидкість осадження утворених пластівців.

В даному випадку фізико – хімічні процеси представлені додаванням вапна, коагулянту та флокулянту.

Механічні методи очищення води передбачають використання всіляких фільтрів, спеціальних резервуарів для відстоювання. Фільтри бувають різні: грубі – для очищення води від крупного сміття та піску, і тонкі, дозволяють відфільтрувати дуже дрібний пил, а деякі механічні пристрої очищення води допомагають видалити навіть хімічні домішки і мікроорганізми.

Відстоювання. Цей процес здійснюється внаслідок осадження завислих речовин під дією сил гравітації. Під час відстоювання неоднорідних систем, якими є суспензії природних вод, спостерігається поступове збільшення концентрації дисперсної фази в апараті в напрямі згори вниз. В результаті осідання завислих часток дисперсної фази утворюється прояснений шар дисперсійного середовища, за яким знаходиться зона вільного осідання часток - зона згущеного шару. В міру осідання часток концентрація їх у згущеному шарі підвищується, внаслідок чого утворюється зона згущеної суспензії і на дно відстійника осідає шар осаду - шлам, який періодично або безперервно видаляється з відстійника (згущувача). В зоні вільного осідання концентрація дисперсної фази відносно невелика і часточки осідають під дією сили гравітації, не впливаючи одна на одну.

					Пояснювальна записка	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На швидкість руху часток зависі, що осаджується у нерухомій рідині під впливом сил гравітації, впливають: форма, розмір часток, їх густина і коефіцієнт опору рідині руху часток. Частинки, що утворилися у воді при коагулюванні гідроксидів, повинні осаджуватися швидше, ніж природні зависі (пісок, глина) тієї ж крупності.

Фільтруванням називають процес розділення неоднорідних систем (суспензій) за допомогою пористих перегородок, які затримують одну (тверду) фазу цих систем і пропускають іншу (рідку). На практиці під час очищення природних вод доводиться мати справу із розділенням суспензій на рідку фазу і вологий осад. Апарат, в якому здійснюється цей процес, називають фільтром.

Завислі матеріали можуть відкладатися на поверхні фільтруючого шару (плівкове фільтрування), в порах фільтруючого шару; одночасно на поверхні і в порах завантаження. У процесі плівкового фільтрування завислі речовини, відкладаючись на поверхні фільтруючого шару, утворюють додатковий фільтруючий шар. Цей шар здатний затримувати високодисперсні зависі, однак його гідравлічний опір швидко збільшується і фільтр доводиться часто виключати на промивання.

У більшості випадків на швидких фільтрах плівка не утворюється і завислі речовини разом з водою проникають у товщу фільтруючого шару. Зі збільшенням крупності зерен завантаження і швидкості фільтрування глибина проникання забруднень зростає.

На швидкість фільтрування під час фільтрування зверху вниз частіше за все відбувається 2 процеси:

- 1) Затримування часток завислих речовин в плівці на поверхні фільтруючого шару і проникання їх в товщу фільтра;
- 2) Процес прояснення суспензій, що фільтруються - результат двох процесів: а. адгезії часток, що затримують до макроповерхні; б. відриву раніше прилиплих часток силами потоку.

Споруди які забезпечують механічну очистку: вихровий змішувач, камера пластівцеутворення, горизонтальний відстійник та швидкі фільтри.

					Пояснювальна записка	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 2. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ

### ОЧИСНИХ СПОРУД

#### 2.1. Розрахунок площі складу та об'єму басейну для зберігання реагентів

Площа складу для зберігання коагулянту:

$$F = \frac{Q \cdot D_k \cdot T \cdot \alpha'}{10000 \cdot P \cdot \rho \cdot h} \quad (2.1)$$

$T$  – термін зберігання реагенту, діб;  $\alpha'$  – збільшення площі складу за рахунок проходів,  $\alpha' = 1,1$ ;  $h$  – висота шару реагенту (2,5 м);  $D_k$  – доза коагулянту;  $P$  – вміст основного компоненту в  $Al_2(SO_4)_3$ ;  $\rho$  – густина коагулянту;  $Q$  – повна продуктивність станції.

$$F = \frac{31200 \cdot 28,56 \cdot 30 \cdot 1,1}{10000 \cdot 50 \cdot 1,62 \cdot 2,5} = 14,5 \text{ м}^2$$

Площа складу для зберігання вапна:

$$F = \frac{Q \cdot D_v \cdot T \cdot \alpha'}{10000 \cdot P \cdot \rho \cdot h} \quad (2.2)$$

$T$  – термін зберігання реагенту, діб;  $\alpha'$  – збільшення площі складу за рахунок проходів,  $\alpha' = 1,1$ ;  $h$  – висота шару реагенту (2,5 м);  $D_v$  – доза вапна;  $P$  – вміст безводного компоненту у вапні;  $\rho$  – густина вапна;  $Q$  – повна продуктивність станції.

$$F = \frac{31200 \cdot 19,63 \cdot 30 \cdot 1,1}{10000 \cdot 40 \cdot 1,09 \cdot 2,5} = 18,54 \text{ м}^2$$

Витрати флокулянту протягом доби :

$$G = \frac{Q \cdot D_f}{10000 \cdot P} \quad (2.3)$$

$D_f$  – доза флокулянту;  $P$  – вміст вміст основного компоненту в полікриаміні;  $Q$  – повна продуктивність станції.

$$G = \frac{31200 \cdot 0,5}{10000 \cdot 100} = 0,0156 \text{ т/добу}$$

Маса флокулянту на певний період визначається:

$$G_T = G \cdot T \quad (2.4)$$

$G$  – витрата флокулянту протягом доби;  $T$  – час зберігання флокулянту.

$$G_T = 0,0156 \cdot 30 = 0,468 \text{ т}$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єм басейну для флокулянту :

$$W = \omega \cdot G_T \quad (2.5)$$

$\omega$  – питомий об'єм басейну в якому розчиняється 1 т реагенту ( $2 \text{ м}^3/\text{т}$ );  $G_T$  - маса флокулянту на певний період.

$$W = 2 \cdot 0,468 = 0,936 \text{ м}^3$$

## 2.2. Розрахунок розчинних та витратних баків реагентів

Проектування розчинного баку коагулянту  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Об'єм розчинного баку:

$$W_p = \frac{q \cdot D_k \cdot t}{10000 \cdot b_p \cdot \rho} \quad (2.6)$$

$q$  – витрата води за годину;  $D_k$  – доза коагулянту;  $t$  – період роботи станції, що забезпечується коагулянтом;  $\rho$  – густина розчину;  $b_p$  – концентрація реагенту в розчинному баку.

$$W_p = \frac{1300 \cdot 28,56 \cdot 8}{10000 \cdot 20 \cdot 1,62} = 0,92 \text{ м}^3$$

Витрата води за годину:

$$q = \frac{Q}{24} \quad (2.7)$$

$Q$  – повна продуктивність станції.

$$q = \frac{31200}{24} = 1300 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Кількість баків — не менше трьох, тоді місткість ( $\text{м}^3$ ) одного:

$$q = \frac{W_p^1}{N} = \frac{0,92}{3} = 0,3 \text{ м}^3 \quad (2.8)$$

Приймаємо висоту розчинного баку  $H = 0,5 \text{ м}$ .

Площа розчинного баку:

$$F = \frac{W_p^1}{H} = \frac{0,3}{0,5} = 0,6 \text{ м}^2 \quad (2.9)$$

Діаметр розчинного баку:

$$D = 2 \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{0,6}{3,14}} = 0,87 \text{ м} \quad (2.10)$$

Проектування витратного баку коагулянту  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

					Пояснювальна записка	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єм витратного баку:

$$W_B = \frac{b_p}{b_B} \cdot W_p \quad (2.11)$$

$b_p$  – концентрація реагенту в розчинному баку;  $b_B$  – концентрація реагенту в витратному баку;  $W_p$  – об'єм розчинного баку.

$$W_B = \frac{20}{5} \cdot 0,92 = 3,68 \text{ м}^3$$

Кількість витратних баків — не менше двох, тоді місткість ( $\text{м}^3$ ) одного:

$$q = \frac{W_B^1}{N} = \frac{3,68}{2} = 1,84 \text{ м}^3 \quad (2.12)$$

Приймаємо висоту витратного баку  $H = 1 \text{ м}$ .

Площа витратного баку:

$$F = \frac{W_B^1}{H} = \frac{1,84}{1} = 1,84 \text{ м}^2 \quad (2.13)$$

Діаметр витратного баку:

$$D = 2 \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{1,84}{3,14}} = 1,53 \text{ м} \quad (2.14)$$

Проектування розчинного баку вапна

Об'єм розчинного баку вапна:

$$W_p = \frac{q \cdot D_B \cdot t}{10000 \cdot b_p \cdot \rho} \quad (2.15)$$

$q$  – витрата води за годину;  $D_B$  – доза вапна;  $t$  – період роботи станції, що забезпечується коагулянтном;  $\rho$  – густина розчину;  $b_p$  – концентрація реагенту в розчинному баку.

$$W_p = \frac{1300 \cdot 19,63 \cdot 8}{10000 \cdot 15 \cdot 1,09} = 1,25 \text{ м}^3$$

Кількість баків — не менше трьох, тоді місткість ( $\text{м}^3$ ) одного:

$$q = \frac{W_p^1}{N} = \frac{1,25}{3} = 0,41 \text{ м}^3 \quad (2.16)$$

Приймаємо висоту розчинного баку  $H = 0,5 \text{ м}$ .

Площа розчинного баку:

					Пояснювальна записка	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F = \frac{W_p^1}{H} = \frac{0,41}{0,5} = 0,82 \text{ м}^2 \quad (2.17)$$

Діаметр розчинного баку:

$$D = 2 \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{0,82}{3,14}} = 1 \text{ м} \quad (2.18)$$

Проектування витратного баку вапна

Об'єм витратного баку вапна:

$$W_B = \frac{b_p}{b_B} \cdot W_p \quad (2.19)$$

$b_p$  – концентрація реагенту в розчинному баку;  $b_B$  – концентрація реагенту в витратному баку;  $W_p$  – об'єм розчинного баку.

$$W_B = \frac{15}{5} \cdot 1,25 = 3,75 \text{ м}^3$$

Кількість витратних баків — не менше двох, тоді місткість ( $\text{м}^3$ ) одного:

$$q = \frac{W_B^1}{N} = \frac{3,75}{2} = 1,875 \text{ м}^3 \quad (2.20)$$

Приймаємо висоту витратного баку  $H = 1 \text{ м}$ .

Площа витратного баку:

$$F = \frac{W_B^1}{H} = \frac{1,875}{1} = 1,875 \text{ м}^2 \quad (2.21)$$

Діаметр витратного баку:

$$D = 2 \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{1,875}{3,14}} = 1,54 \text{ м} \quad (2.22)$$

Проектування витратного баку флокулянта

Об'єм витратного баку :

$$W_B = \frac{q \cdot D_{\phi} \cdot t}{10000 \cdot b_B \cdot \rho} \quad (2.23)$$

$q$  – витрата води за годину;  $D_{\phi}$  – доза флокулянту;  $t$  – період роботи станції, що забезпечується коагулянтном;  $\rho$  – густина розчину;  $b_p$  – концентрація реагенту в розчинному баку.

$$W_B = \frac{1300 \cdot 0,5 \cdot 8}{10000 \cdot 0,5 \cdot 1} = 1,04 \text{ м}^3$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість витратних баків — не менше двох, тоді місткість (м<sup>3</sup>) одного:

$$q = \frac{W_B^1}{N} = \frac{1,04}{2} = 0,52 \text{ м}^3 \quad (2.24)$$

Приймаємо висоту витратного баку  $H = 0,5 \text{ м}$ .

Площа витратного баку:

$$F = \frac{W_B^1}{H} = \frac{0,52}{0,5} = 1,04 \text{ м}^2 \quad (2.25)$$

Діаметр витратного баку:

$$D = 2 \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{1,04}{3,14}} = 1,15 \text{ м} \quad (2.26)$$

### 2.3. Проектування вертикальних-вихрових змішувачів

Число змішувачів визначається за формулою:

$$N = \frac{q}{q_1} \quad (2.27)$$

$q_1$  - продуктивність одного змішувача ,  $q_1 = 1300 \text{ м}^3/\text{год}$ ;  $q$  – витрата води за годину.

$$N = \frac{1300}{1300} = 1$$

Площа перерізу вхідного патрубка :

$$f_{\text{вх}} = \frac{q_1}{3600 \cdot V_{\text{вх}}} \quad (2.28)$$

$V_{\text{вх}}$  – швидкість води у вхідному отворі (1,7 м/с);  $q_1$  - продуктивність одного змішувача.

$$f_{\text{вх}} = \frac{1300}{3600 \cdot 1,7} = 0,21 \text{ м}^2$$

Діаметр вхідного отвору (патрубку):

$$d = 2 \sqrt{\frac{f_{\text{вх}}}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{0,21}{3,14}} = 0,52 \text{ м} \quad (2.29)$$

Площа перерізу верхньої частини змішувача :

$$F = \frac{q_1}{3600 \cdot V_B} \quad (2.30)$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$V_B$  – швидкість підйому води у верхній частині (0,04 м/с);  $q_1$  - продуктивність одного змішувача.

$$F = \frac{1300}{3600 \cdot 0,04} = 9,02 \text{ м}^2$$

Ширина верхньої частини:

$$B = \sqrt{F} = \sqrt{9,02} = 3 \text{ м} \quad (2.31)$$

Висота нижньої частини:

$$h_{н.ч.} = \left( \frac{B - d}{2} \right) \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \quad (2.32)$$

$\alpha$  – кут нахилу між стінками в нижній частині, складає  $40^\circ$ ;  $B$  – ширина верхньої частини;  $d$  – діаметр вхідного отвору.

$$h_{н.ч.} = \left( \frac{3 - 0,52}{2} \right) \operatorname{ctg} \frac{40}{2} = 3,4 \text{ м}$$

Висота верхньої частини:

$$h_B = \frac{W_{B.ч.}}{F} \quad (2.33)$$

$W_{B.ч.}$  - об'єм нижньої частини;  $F$  – площа перерізу верхньої частини змішувача.

$$h_B = \frac{31,28}{9,02} = 3,46 \text{ м}$$

Загальний об'єм:

$$W = \frac{q_1}{60} \cdot t \quad (2.34)$$

$t$  – час перебування води у споруді;  $q_1$  - продуктивність одного змішувача.

$$W = \frac{1300 \cdot 2}{60} = 43,3 \text{ м}^3$$

Об'єм нижньої частини:

$$W_{н.ч.} = \frac{1}{3} \cdot h_{н.ч.} \cdot (F + f_{BX} + \sqrt{F \cdot f_{BX}}) \quad (2.35)$$

$F$  – площа перерізу верхньої частини змішувача;  $f_{BX}$  - площа перерізу вхідного патрубку;  $h_{н.ч.}$  – висота верхньої частини.

$$W_{н.ч.} = \frac{1}{3} \cdot 3,4 \cdot (9,02 + 0,21 + \sqrt{9,02 \cdot 0,21}) = 12,02 \text{ м}^3$$

Об'єм верхньої частини змішувача :

$$W_{B.ч.} = W - W_{н.ч.} \quad (2.36)$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

W- загальний об'єм;  $W_{н.ч.}$  - об'єм нижньої частини.

$$W_{н.ч.} = 43,3 - 12,02 = 31,28 \text{ м}^3$$

Загальна висота змішувача :

$$H = h_{н.ч.} + h_{в} + h_{б} \quad (2.37)$$

$h_{н.ч.}$  - висота нижньої частини;  $h_{в}$  – висота верхньої частини;  $h_{б}$  – будівельний запас висоти.

$$H = 3,4 + 3,46 + 0,5 = 7,33 \text{ м}$$

Загальна площа отворів для переливання води:

$$F_{отв} = \frac{q_1}{3600 \cdot V_0} \quad (2.38)$$

де  $V_0$  – швидкість руху води в отворах (1 м/с);  $q_1$  - продуктивність одного змішувача.

$$F_{отв} = \frac{1300}{3600 \cdot 1} = 0,36 \text{ м}^2$$

Площа одного отвору:

$$\omega_0 = \frac{\pi d_0^2}{4} \quad (2.39)$$

де  $d_0$  – заданий діаметр отвору.

$$\omega_0 = \frac{3,14 \cdot 0,52^2}{4} = 0,21 \text{ м}^2$$

Кількість отворів:

$$n = \frac{F_{отв}}{\omega_0} \quad (2.40)$$

$F_{отв}$  – загальна площа отворів;  $\omega_0$  – площа одного отвору

$$n = \frac{0,36}{0,21} = 1,69$$

## 2.4. Проектування вертикально-вихрових камер пластівцеутворення

Число камер дорівнює числу відстійників, тобто  $N_K = N_B = 20$

Ширина камери дорівнює ширині відстійника:  $B_K = B_B = 6 \text{ м}$

Площа перерізу верхньої частини камери :

					Пояснювальна записка	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F = \frac{q_1}{3600 \cdot V_B} \quad (2.41)$$

$$q_1 = \frac{q}{N} \quad (2.42)$$

$V_B$  – швидкість підйому води у верхній частині (0,005 м/с);  $q_1$  – потужність одного відстійника.

$$F = \frac{65}{3600 \cdot 0,005} = 3,6 \text{ м}^2$$

$$q_1 = \frac{1300}{20} = 65 \text{ м}^3/\text{год}$$

Довжина камери пластівцеутворення:

$$L = \frac{F}{B_k} \quad (2.43)$$

$B_k$  – ширина камери.

$$L = \frac{3,6}{6} = 0,6 \text{ м}$$

Площа перерізу вхідного патрубку :

$$f_{BX} = \frac{q_1}{3600 \cdot V_{BX}} \quad (2.44)$$

$V_{BX}$  – швидкість води у вхідному отворі (1,2 м/с);  $q_1$  – потужність одного відстійника.

$$f_{BX} = \frac{65}{3600 \cdot 1,2} = 0,015 \text{ м}^2$$

Діаметр вхідного отвору (патрубку):

$$d = 2 \sqrt{\frac{f_{BX}}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{0,015}{3,14}} = 0,138 \text{ м} \quad (2.45)$$

Висота нижньої частини:

$$h_{н.ч.} = \left( \frac{L - d}{2} \right) \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \quad (2.46)$$

$\alpha$  – кут нахилу між стінками в нижній частині, складає  $60^\circ$ ;  $L$  - довжина камери пластівцеутворення;  $d$  - діаметр вхідного отвору;

$$h_{н.ч.} = \left( \frac{0,6 - 0,138}{2} \right) \operatorname{ctg} \frac{60}{2} = 0,4 \text{ м}$$

Висота верхньої частини:

					Пояснювальна записка	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$h_b = \frac{W_{\text{в.ч.}}}{F} \quad (2.47)$$

F – площа перерізу верхньої частини камери;  $W_{\text{в.ч.}}$  - об'єм верхньої частини.

$$h_b = \frac{6}{3,6} = 1,66 \text{ м}$$

Загальний об'єм:

$$W = \frac{q_1}{60} \cdot t \quad (2.48)$$

t - час перебування води в камері 6 хв;  $q_1$  – потужність одного відстійника.

$$W = \frac{65 \cdot 6}{60} = 6,5 \text{ м}^3$$

Об'єм нижньої частини:

$$W_{\text{н.ч.}} = \frac{1}{3} \cdot h_{\text{н.ч.}} \cdot (F + f_{\text{вх}} + \sqrt{F \cdot f_{\text{вх}}}) \quad (2.49)$$

F – площа перерізу верхньої частини камери;  $f_{\text{вх}}$  - площа перерізу вхідного патрубку;  $h_{\text{н.ч.}}$  – висота верхньої частини.

$$W_{\text{н.ч.}} = \frac{1}{3} \cdot 0,4 \cdot (3,6 + 0,015 + \sqrt{3,6 \cdot 0,015}) = 0,5 \text{ м}^3$$

Об'єм верхньої частини змішувача :

$$W_{\text{в.ч.}} = W - W_{\text{н.ч.}} \quad (2.50)$$

W- загальний об'єм;  $W_{\text{н.ч.}}$  - об'єм нижньої частини.

$$W_{\text{в.ч.}} = 6,5 - 0,5 = 6 \text{ м}^3$$

Загальна висота змішувача :

$$H = h_{\text{н.ч.}} + h_b + h_6 \quad (2.51)$$

$h_{\text{н.ч.}}$  - висота нижньої частини;  $h_b$  – висота верхньої частини;  $h_6$  – будівельний запас висоти.

$$H = 0,4 + 1,66 + 0,5 = 2,56 \text{ м}$$

## 2.5. Проектування горизонтальних відстійників

Площа зони відстоювання дорівнює:

$$F = \frac{q \cdot \alpha}{3,6 \cdot U_0} \quad (2.52)$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\alpha$  - коефіцієнт, який враховує зниження ефективності відстоювання за рахунок вертикальної турбулентної складової руху води, ( $\alpha=1,3$ );  $U_0$  – гідравлічна крупність осаду, ( $U_0=0,5\text{мм/с}$ );  $q$  – витрата води за годину.

$$F = \frac{1300 \cdot 1,3}{3,6 \cdot 0,5} = 938,89 \text{ м}^2$$

Довжина зони відстоювання:

$$L = H_B \cdot \frac{V}{U_0} \quad (2.53)$$

$H_B$  – глибина зони відстоювання або висота шару води в відстійнику (1 м);  $V$  – лінійна швидкість руху води (6 мм/с);  $U_0$  – гідравлічна крупність осаду.

$$L = 1 \cdot \frac{6}{0,5} = 12 \text{ м} \quad (2.54)$$

Кількість відстійників:

$$N = \frac{F}{L \cdot B} \quad (2.55)$$

Ширина одного коридору відстійника  $B = 6$  м;  $L$  - довжина зони відстоювання;  $F$  - площа зони відстоювання.

$$N = \frac{938,89}{12 \cdot 6} = 20$$

Об'єм зони накопичення осаду:

$$W = \frac{qt(C - m)}{\delta} \quad (2.56)$$

$C$  – концентрація завислих речовин у воді, що поступає у відстійник;  $m$  - концентрація завислих речовин у воді на виході з відстійника;  $\delta$  – концентрація твердої фази в осаді;  $t$  – час накопичення осаду,  $t = 8$  год;  $q$  – витрата води за годину.

$$W = \frac{1300 \cdot 8 \cdot (101,66 - 10)}{15000} = 63,55 \text{ м}^3$$

Об'єм зони накопичення осаду одного відстійника:

$$W_1 = \frac{W}{N} = \frac{63,55}{20} = 3,27 \text{ м}^3 \quad (2.57)$$

Висота зони накопичення осаду:

$$H_{oc} = \frac{W}{F} \quad (2.58)$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

W - об'єм зони накопичення осаду; F - площа зони відстоювання.

$$H_{oc} = \frac{63,55}{938,89} = 0,07 \text{ м}$$

Загальна висота відстійника:

$$H = H_b + H_{oc} + 0,3 \quad (2.59)$$

0,3 – будівельний запас висоти;  $H_b$  – глибина зони відстоювання;  $H_{oc}$  – Висота зони накопичення осаду.

$$H = 1 + 0,07 + 0,3 = 1,37 \text{ м}$$

Довжина жолобів для збирання води:

$$L_{ж} = \frac{2}{3} \cdot L \quad (2.60)$$

L - довжина зони відстоювання.

$$L_{ж} = \frac{2}{3} \cdot 12 = 8 \text{ м}$$

Витрата води в одному жолобі:

$$q_1 = \frac{q}{N \cdot n_{ж}} \quad (2.61)$$

$n_{ж}$  – число жолобів у кожному відстійнику ( $n_{ж} = 4$ ); N – кількість відстійників; q – витрата води за годину.

$$q_1 = \frac{1300}{20 \cdot 4} = 162,5 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

## 2.6. Розрахунок швидких фільтрів

Розрахунок швидких фільтрів:

$$F = \frac{Q}{T \cdot V_n - 3,6 \cdot \omega \cdot n \cdot t_1 - t_2 \cdot V_n \cdot n} \quad (2.62)$$

T – час роботи станції, T = 24 год/добу;  $V_n$  – швидкість фільтрування,  $V_n = 6$  м/год; n – число промивок, n = 2;  $t_1$  – час промивки фільтру,  $t_1 = 0,1$  год;  $t_2$  – час простою фільтра у зв'язку з промивкою,  $t_2 = 0,33$  год; Q – повна потужність станції;  $\omega$  – інтенсивність промивання.

$$F = \frac{31200}{24 \cdot 6 - 3,6 \cdot 16 \cdot 2 \cdot 0,1 - 0,33 \cdot 6 \cdot 2} = 242,8 \text{ м}^2$$

Кількість фільтрів:

					Пояснювальна записка	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = \frac{\sqrt{F}}{2} = \frac{\sqrt{242,8}}{2} = 7,79 \approx 8 \quad (2.63)$$

Площа одного фільтру:

$$F_1 = \frac{F}{N} = \frac{242,8}{8} = 30,35 \text{ м}^2 \quad (2.64)$$

Швидкість фільтрування у форсованому режимі:

$$V_{\phi} = \frac{N}{N - N_1} \cdot V_H \quad (2.65)$$

$N$ —число фільтрів;  $N_1$ —число фільтрів відключених на ремонт:  $N > 20$ ,  $N_1 = 2$ ;  $V_H$  — швидкість фільтрування.

$$V_{\phi} = \frac{8}{8 - 2} \cdot 6 = 8 \text{ м/год}$$

Розрахунок витрати води на промивку фільтрів:

$$q_{\text{промив}} = F \cdot \omega \cdot n \cdot t_1 \cdot 3,6 \quad (2.66)$$

$F$  – загальна площа фільтрів;  $n$  – число промивок,  $n = 2$ ;  $t_1$  – час промивки фільтру,  $t_1 = 0,1$  год;  $\omega$  – інтенсивність промивання.

$$q_{\text{промив}} = 242,8 \cdot 16 \cdot 2 \cdot 0,1 \cdot 3,6 = 2797,1 \text{ м}^3$$

Загальна висота фільтру:

$$H = H_{\text{п.з.}} + H_{\text{ф.з.}} + H_{\text{в}} + h_6 \quad (2.67)$$

$H_{\text{п.з.}}$  – висота шару підтримуючого завантаження (0,7 м);  $H_{\text{ф.з.}}$  – висота шару фільтруючого завантаження (1,5 м);  $h_6$  – будівельний запас висоти (0,3 м);  $H_{\text{в}}$  – висота водного шару (2 м);

$$H = 0,7 + 1,5 + 2 + 0,3 = 4,5 \text{ м}$$

Зображуємо фільтри прямокутними в плані.

Витрата води в колекторі при промивці:

$$q_k = F_1 \cdot \omega \cdot 10^{-3} \quad (2.68)$$

$F_1$  – площа одого фільтру;  $\omega$  – інтенсивність промивання.

$$q_k = 30,35 \cdot 16 \cdot 10^{-3} = 0,485 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Площа перерізу колектора:

$$f_k = \frac{q_k}{V_k} \quad (2.69)$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$V_k$  – швидкість руху води в колекторі при промивці,  $V_k = 1,8$  м/с;  $q_k$  - витрата води в колекторі при промивці.

$$f_k = \frac{0,485}{1,8} = 0,27 \text{ м}^2$$

Діаметр колектора розраховують:

$$d_k = 2 \cdot \sqrt{\frac{f_k}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{0,27}{3,14}} = 0,58 \text{ м (2.70)}$$

Витрата води у відгалуженнях:

$$q_b = \frac{q_k}{n} \text{ (2.71)}$$

$n$  - число відгалужень при двосторонньому розміщенні;  $q_k$  - витрата води в колекторі при промивці.

$$q_b = \frac{0,485}{27} = 0,018 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Число відгалужень при двосторонньому розміщенні:

$$n = \frac{2L \cdot 10^3}{l} \text{ (2.72)}$$

$l$  – відстань між відгалуженнями – 350 мм;  $L$  – ширина однієї секції.

$$n = \frac{2 \cdot 4,6 \cdot 10^3}{350} = 26,28 \approx 27$$

Приймаємо ширину однієї секції фільтрів  $B = 6,6$ м, а довжину:

$$L = \frac{F_1}{B} \text{ (2.73)}$$

$F_1$  – площа одного фільтру.

$$L = \frac{30,35}{6,6} = 4,6 \text{ м}$$

Діаметр відгалужень:

$$d_b = 2 \cdot \sqrt{\frac{f_b}{\pi}} \text{ (2.74)}$$

$f_b$  – площа перерізу відгалуження

$$d_b = 2 \sqrt{\frac{0,13}{3,14}} = 0,4 \text{ м}$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площа перерізу відгалуження:

$$f_B = \frac{q_B}{V_B} \quad (2.75)$$

$V_B$  – швидкість руху води у відгалуженні,  $V_B = 1,6$  м/с;  $q_B$  – витрата води у відгалуженнях.

$$f_B = \frac{0,018}{1,6} = 0,011 \text{ м}^2$$

## 2.7. Розрахунок резервуару очищеної води

Час перебування води в резервуарі очищеної води – 1 год.

Об'єм резервуару:

$$W = \frac{q \cdot t}{T} \quad (2.76)$$

$t$  – час перебування води в резервуарі;  $q$  – витрата води за годину;  $T$  – період роботи станції.

$$W = \frac{1300 \cdot 1}{8} = 162,5 \text{ м}^3$$

Приймаємо висоту резервуару  $H = 4$  м.

Приймаємо ширину резервуару  $B = 10$  м.

Площа резервуару очищеної води :

$$F = \frac{W}{H} \quad (2.77)$$

$W$  – об'єм резервуару.

$$F = \frac{162,5}{4} = 40,625 \text{ м}^2$$

Довжина резервуару :

$$L = \frac{F}{B} \quad (2.78)$$

$F$  – площа резервуару.

$$L = \frac{40,625}{10} = 4,0625 \text{ м}$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.8. Розрахунок шламосховища

Об'єм осаду, що надходить до шламосховища протягом доби  $W_{oc} = 192,2$  м<sup>3</sup>/добу. Об'єм шламосховища розраховують у відповідності з часом перебування осаду в ньому:

$$W = W_{oc} \cdot t \quad (2.79)$$

$t$  - період роботи станції;  $W_{oc}$  - об'єм осаду, що надходить до шламосховища протягом доби.

$$W = W_{oc} \cdot t = \frac{192,2 \cdot 8}{24} = 64 \text{ м}^3$$

Приймаємо висоту шламосховища  $H = 3$  м.

Площа шламосховища:

$$F = \frac{W}{H} = \frac{64}{3} = 21,3 \text{ м}^2 \quad (2.80)$$

Діаметр шламосховища:

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{21,3}{3,14}} = 5,2 \text{ м} \quad (2.81)$$

Табл. 2.1 – Характеристика насоса на перекачку води

Марка насоса	Подача, м <sup>3</sup> /год	Напір, м	Частота оберту, об/хв	Потужність двигуна, кВт
МСК 1300-575	1300	575	3000	3150

Число насосів = 1

Табл. 2.2 - Характеристика насоса дозатора

Тип	Подача, л/год	Граничний тиск, кг*с/см <sup>2</sup>	Потужність, кВт	Маса, кг
НД 2,5 10/250	10	250	0,55	42,5

Фільтр-прес стрічковий типу ЛМН 17, застосовується для зневоднення органічних і дрібнозернистих мінеральних суспензій підприємств комунального

					Пояснювальна записка	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

господарства. Технічні характеристики: ширина стрічки 2 м, швидкість руху стрічки 0,045-0,3 м/сек, встановлена потужність 8 кВт, маса 7000 кг.

Озонатор - малогабаритні генератори озону, в яких використовуються переваги "АТ" технології - це компактні стандартні генератори озону OZAT. Ці блоки розділені всередині на два відсіки - для електрообладнання і точної механіки.

Табл.2.3 - Характеристика генератора озону

Тип	Продуктивність кисня, г Оз/год	Продуктивність повітря, г Оз/год	Габарити, мм (Д <sup>х</sup> Ш <sup>х</sup> В)	Потужність, кВт
CFV-20	20000	9500	2500 <sup>х</sup> 1150 <sup>х</sup> 2000	160

Містить влаштований компресор і кисневий концентратор. Число озонаторів = 1.

					Пояснювальна записка	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### 3. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

#### 3.4 Об'ємно-планувальне вирішення будівлі

Триповерхова будівля, каркасного типу з трьома прольотами шириною по 6 та з кроком колон 6 м, висота поверху кожного поверху 4,8 м. Довжина будівлі становить 108 м, ширина 18 м.

Прив'язка колон крайніх рядів і зовнішніх стін до повздовжніх розбивочних осей становить 0 мм; колони при торцевих зовнішніх стінах і в деформаційному шві зміщені від поперечних розбивочних осей на 500 мм. Колони збірні залізобетонні; фундамент колон залізобетонний, стаканного типу.

Покриття із залізобетонних ребристих плит. Стіни великопанельні із одношарових газобетонних панелей, товщина стіни становить 200 мм. Вікна стрічкові, розмірами 6000х2400 мм. Ворота розсувні, 4500х3600 мм.

Адміністративно - побутові приміщення знаходяться на першому поверсі в середині будівлі.

#### 3.5 Вибір конструктивних елементів будівлі

Обрано збірні залізобетонні колони для багатоповерхових будівель (рис. 2.1), що в розрізі мають розміри 400х600 мм.

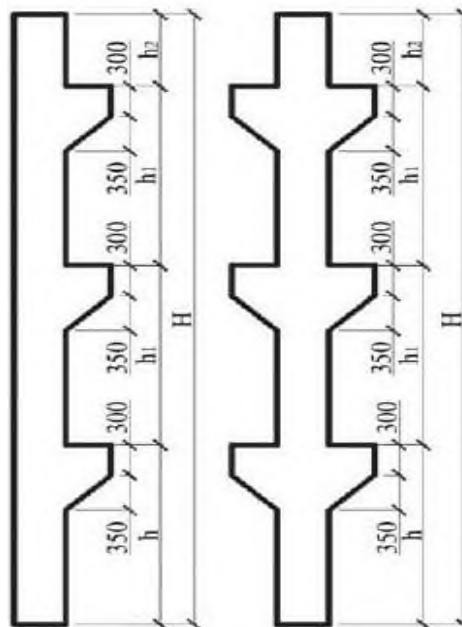


Рисунок 2.1 - Залізобетонна колона

					Пояснювальна записка	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Плити вкладаються на залізобетонні ригелі перекриття довжиною 6 м (рис.2.4).

					Пояснювальна записка	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

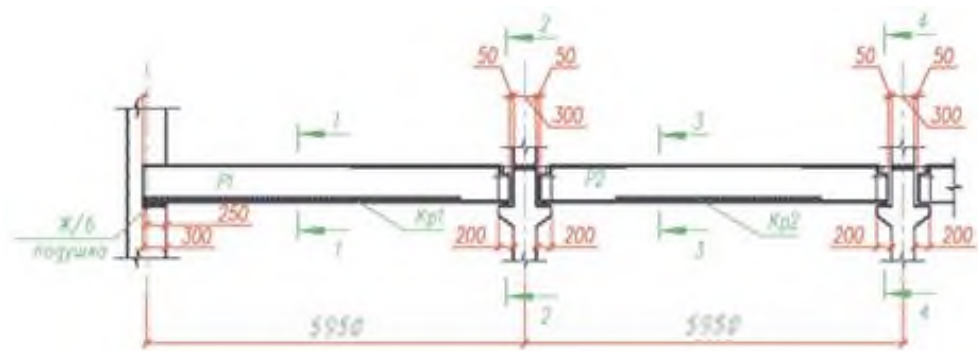


Рисунок 2.4 – Ригель збірного перекриття

Для покриття обрано залізобетонну балку (рис.2.5) довжиною 18 м та висотою 1,5 м..

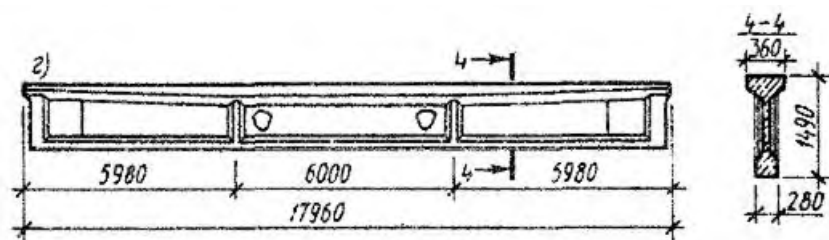


Рисунок 2.5 – Залізобетонна балка покриття

Покриття влаштовано залізобетонними плитами (рис.2.6) розміром 6х3 м.

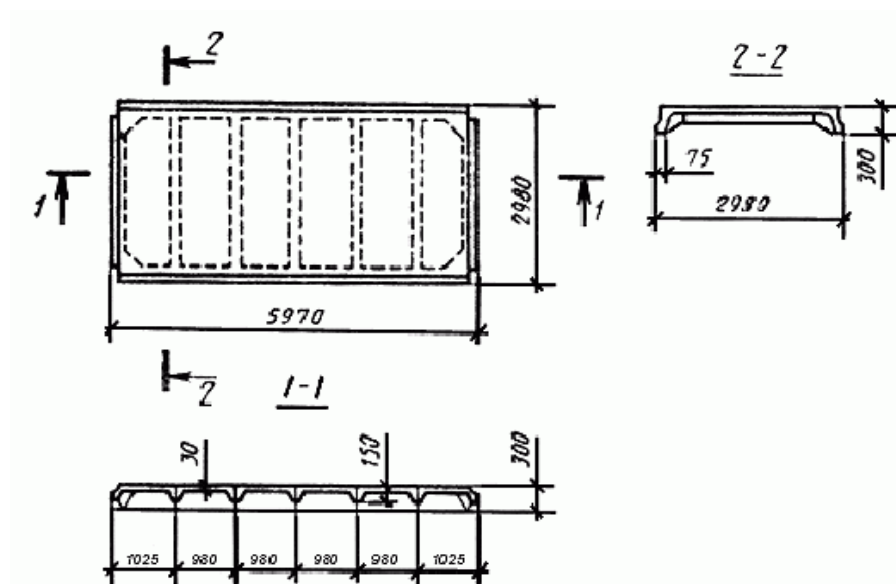


Рисунок 2.6 - Ребристі плити покриття

					Пояснювальна записка	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Покриття будівлі складається з 20 мм бітуму, 100 мм мінеральної вати, 20 мм цементно-піщаної стяжки, 10 мм бітумно-латексної мастики.

Підлога першого поверху складається з 100 мм гравію, 20 мм бітуму та 50 мм бетону; основа - ущільнений ґрунт. Підлога другого та третього поверхів: 20 мм бітуму та 50 мм бетону.

Вікна шириною 6000 мм з висотою 2400 мм. Двері будівлі одностулкові з глухим дерев'яним полотном. Ширина дверей становить 900 мм, висота 2000 мм. Вхідні двері двостулкові, шириною 1500 мм. Ворота розпашні, шириною 4500 мм та висотою 3600 мм.

					Пояснювальна записка	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

В даному розділі визначені основні потенційні шкідливі і небезпечні виробничі фактори пов'язані з використанням засобів для лінії водопідготовки води. Тема диплому «Модернізація технологічної лінії підготовки питної води».

Провівши аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів і чинників були розроблені заходи зі створення здорових і безпечних умов для персоналу, який обслуговує цех підготовки води площею 1200 м<sup>2</sup> і V – 5760 м<sup>3</sup>. Обслуговуючий персонал знаходиться безпосередньо біля установок по підготовці питної води.

Розглянувши тенологічну схему можна прийти до висновку, що можуть існувати деякі небезпечні виробничі фактори, такі як: електроенергія, шум та вібрації, повітря робочої зони. Плюсом даної виробничої зони є майже повна відсутність небезпеки вибуху або спалаху.

З метою зменшення впливу цих факторів та процесів, були виконані деякі технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії.

### 4.1 Повітря робочої зони

Для нормалізації мікроклімату, згідно з ДСН 3.3.6.042–99. «Державні санітарні норми параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях», приміщення з ЗОТ обладнане системою опалення, а також системою кондиціонування повітря з індивідуальним регулюванням температури та об'єму повітря, що подається, у відповідності до СНиП 2.04.05–91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». На робочому місці роботи виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням та супроводжуються деяким фізичним напруженням. Таким чином їх можна віднести до категорії Іб, що охоплює види діяльності з витратами енергії до 150 ккал/год.

Відповідно до ГОСТ 12.1.005-88. «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» параметри мікроклімату, що нормуються: температура ( $t, C$ ) і відносна вологість ( $W, \%$ ) повітря, швидкість руху повітря ( $V, м/с$ ).

					Пояснювальна записка	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оптимальні та допустимі параметри мікроклімату для умов, що розглядаються (категорія робіт та період року) наведені в табл. 4.1.

Період року	Оптимальні			Існуючі		
	t, C	W, %	V, м/с	t, C	W, %	V, м/с
Теплий	22–24	40–60	0,2	22	55	0,2
Холодний	21–23	40–60	0,1	21	53	0,1

Таблиця 4.1 — Параметри мікроклімату

Для захисту від перегрівання в теплий період року та радіаційного охолодження — в зимовий, приміщення обладнане кондеціонером, жалюзі і екранами.

Фактичні параметри мікроклімату в робочій зоні відповідають приведеним вище нормам ДСН 3.3.6.042–99.

#### 4.2 Вимоги до освітлення робочих місць користувачів

Вагомий внесок для підтримання тривалої працездатності, підвищення продуктивності праці є забезпечення параметрів освітленості на робочому місці. Приміщення в лабораторії або цеху водопідготовки повинні мати природне і штучне освітлення. Природне світло проникає через бічні світлопрорізи, зорієнтовані, як правило, на північ чи північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості приблизно 1,5 %. Розрахунки коефіцієнта природної освітленості проводяться враховуючи світловий потік який поступає від лампи, а також кількість ламп.

Приміщення має бічне природне та штучне освітлення. У приміщенні три вікна розміром 2х2,2 м. Штучне освітлення забезпечує чотири галогенні лампи, розміщених у ряд.

Визначаємо фактичну освітленість, що створює у приміщенні задана система штучного загального освітлення

$$E_f = F_l \cdot N \cdot n \cdot \eta / S \cdot k_z \cdot z \quad (4.1)$$

					Пояснювальна записка	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E_f = 4500 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 0,46/48 \cdot 1,5 \cdot 1,1 = 209 \text{ лк}$$

$$S = a \cdot b = 4 \cdot 12 = 48 \text{ м}^2 \quad (4.2)$$

Контроль освітлення здійснюється люксометрами Ю-117 один раз на рік. Роблячи порівняння розрахунків, значення нормованої освітленості  $E_n = 200$  лк та фактичної  $E_f = 209$  лк, можемо прийти до висновку, що фактична освітленість відповідає нормам ДСН 3.3.6.042-99.

### 4.3 Захист від виробничий шуму

В робочій зоні приміщення існують декілька приладів які виробляють небезпечний шум і вібрацію.

Джерелами шуму в умовах робочого приміщення, що розглядається в приміщенні є насосна станція і змішувач.

Очікувані рівні звукового тиску і рівень звуку відповідно до шумових характеристик цих джерел:

- рівень шуму, створений насосною станцією дорівнює 60-95 дБ;
- рівень шуму який виробляє змішувач дорівнює 25-30 дБ.

Допустимі рівні звукового тиску коливаються від 73 дБ до 97дБ.

Для зниження вібрацій і шуму машин, який супроводжується їх роботою використовується кріплення деталей що вібрують та вузлів, врівноваження рухомих і обертових деталей механізмів; застосування динамічних віброгасників.

Також використовують спеціальні кожухи, установлені на насосах і змішувачах, матеріал яких алюміній, а порожнини які резонують заповнені гумою або азбестом. Як засоби індивідуального захисту, в наявності є шумозахисні навушники.

Для контролю шуму використовується шумоміри, для контролю вібрації вібратором ВШВ 003.

Оскільки визначений рівень звуку потенційних джерел шуму в межах норми які визначені ДСН 3.3.6.037-99, а також існування додаткових засобів від шуму та вібрації, як персональних так і загальних, то можна прийти до висновку, що умови робочого приміщення повністю відповідають існуючим санітарним вимогам.

					Пояснювальна записка	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4.4 Електробезпека

Згідно ПУЕ науково–дослідницька лабораторія відноситься до приміщень без підвищеного ризику. Електроустаткування живиться від мережі напругою до 1000 В. Пристрої, що використовується, належать до класів 0І (вимірювальна техніка), І (апарати для водопідготовки, такі як вихровий змішувач) та ІІ (насосна станція) за електрозахистом (ГОСТ 12.2.007.0–75). Живлення електроустановок здійснюється від трьохфазної чотирьохпровідної електромережі змінного струму частотою 50 Гц, напругою 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю.

До основних причин електротравматизму обслуговуючого персоналу в цеху належить виникнення напруги на металевих частинах електрообладнання внаслідок поганої ізоляції (браку наприклад), або пошкодження її, відсутність або несправність захисного відключення; виникнення напруги на відключених струмових частинах внаслідок помилки при включення установки або замикання між вимкненим та струмоведучими частинами, які перебувають під напругою.

В процесі експлуатації апарату людина може доторкнутися до частин електроустаткування, які перебувають під напругою. Оцінка небезпеки дотику до струмоведучих частин відноситься до визначення сили струму, що протікає через тіло людини. У загальному випадку допустима величина струму, що протікає через тіло людини, залежить від схеми підключення електроустаткування до електромережі, роду й величини напруги живлення, схеми включення.

Гранично допустимі значення сили струму (змінного та постійного), що проходить через тіло людини при тривалості дії більше ніж 1 с нижчі за пороговий невідпускаючий струм, тому при таких значеннях людина, доторкнувшись до струмопровідних частин установки, здатна самостійно звільнитися від дії електричного струму.

Основними технічними засобами, що забезпечують безпеку робіт є: надійна ізоляція, захисне заземлення, занулення, захисне відключення, засоби індивідуального захисту. У системі трифазних мереж із глухо заземленою нейтраллю, яка використовується у науково-дослідницькій лабораторії, найкращими засобами захисту є: надійна ізоляція струмоведучих частин електроустаткування і занулення відповідно до ПУЕ (з'єднання елементів, що

					Пояснювальна записка	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



перебувають під напругою, із глухо-заземленою нейтраллю). Крім того, для заземлення переносних частин обладнання застосовують спеціальне з'єднання.

Для забезпечення захисту від зарядів статичного струму прийняті такі заходи:

- Послаблення генерації зарядів на твердих тілах і в рідинах (завдяки зменшенню швидкості матеріалів, що заряджаються)
- Запобігання накопичення зарядів на металевому устаткуванні (занулення металевих частин, на яких можуть виникнути заряди).

					Пояснювальна записка	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

В ході виконання бакалаврського проекту на тему: «Модернізація технічної лінії підготовки питної води» були підбиті підсумки і виконано наступне:

1. Було описано характеристики води з річки Десна, та вимоги до очищеної питної води;
2. Розробка і обґрунтування технологічної схеми для підготовки питної води;
3. Було надано інформацію про фізико-хімічні процеси, що відбуваються в установках лінії підготовки питної води;
4. Був обрахований матеріальний баланс;
5. Розраховано кількість та розміри очисних споруд, які реалізуються в данній технологічній схемі;
6. Описано об'ємно-планувальне вирішення будівлі, обрано конструктивні елементи будівлі, зображення очисних споруд;
7. Розроблено та описано заходи з охорони праці, для покращення умов та безпеки працівників при роботі;
8. Виконано креслення в форматі A1 технологічної схеми підготовки питної води, таблиця характеристики води, план на відм. +0,000 м; поздовжній переріз; поперечний переріз; генеральний план підприємства.

					Пояснювальна записка	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. М.Д. Гомеля, В.М, Радовенчик, Т.О. Шаблій. «Основи проектування очисних споруд» - К: «Інфодрук»,2013. – 175с.
2. Запольский А.К., Мішкова-Кліменко Н.А., Астрелін І.М. "Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод" – Київ, Лібра, 2000 – 552 с.
3. Трепененков Р.И. Альбом чертежей конструкций и деталей промышленных зданий: Учебное пособие. М.:Стройиздат, 1978 г.- 378с.
4. С.В.Дятков Промышленные здания и их конструктивные элементы 390с. - М. 1971 г.
5. Василенко А.А. Водоотведение. Курсовое проектирование. – Киев: Вища школа, 1988-255 с.
6. Родионов А.И., Клушин В.Н., Торочешников П.С. Техника защиты окружающей среды. – М.: Химия, 1989. – 512 с.
7. М. Д. Гомеля, Т.В.Крисенко, І.М. Дейкун. Очисні споруди. Основи проектування К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2007.- 176 с.
8. Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення: гідроекологічні аспекти: Підручник. - К.: ВПЦ "Київський університет", 1999. - 319 с.ISBN 966-594-073-2.
9. ДСанПіН “Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого питного водопостачання.
10. Кобзар В. В. Реагентна обробка води: історія і сьогодення / В.В. Кобзар // Вода і водоочисні технології. – 1979. – С.72–75.

					Пояснювальна записка	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		